

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2017.04.016

基于 GIS 的耕地边际化评价与转移的生态价值评估

——以三峡库区涪陵段为例^①

江汶静¹, 田永中¹, 唐君桃¹, 龙 宓²,
吴晶晶¹, 许文轩¹, 肖 悦¹

1. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715; 2. 中国人民大学 环境学院, 北京 100080

摘要: 采用联系度改进的 TOPSIS 法、邻域评估、极限条件和综合指数模型相结合的方法, 对研究区耕地边际化进行预测并探讨转移方向, 对转移结果进行生态价值评估, 研究表明: ① 海拔、坡度、起伏度、灌溉距离、交通距离和耕作距离(水平距离和垂直距离)对耕地完全边际化影响较大; ② 研究区共有 21 455.78 hm² 耕地可能发生转移, 其中林地 9 519.73 hm², 园地 47.01 hm², 草地 11 889.04 hm²; 且转移后生态系统服务总价值比转移前上涨 17.09 千万元。

关键词: GIS; 耕地边际化; 耕地转移; 生态系统服务功能; 三峡库区; 涪陵区

中图分类号: F301.21

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)04-0101-07

耕地边际化指在社会、经济、政治及环境因素驱动下, 特定区域内的耕地停止其当前利用活动的过程^[1]。耕地边际化影响粮食安全和生态安全, 耕地的完全边际化^[2](撂荒或弃耕)是耕地边际化过程中农户作出的理性响应^[3-4]。20 世纪后半叶, 全球山区人口持续减少, 大面积土地退耕^[5]。直到今天, 全球的抛荒现象仍在持续。国土资源部调查显示^[6], 全国每年撂荒耕地近 200 万 hm²。即使在当前惠农政策背景下, 我国丘陵山区仍有大面积耕地被边际化, 而当前划定的基本农田涵盖广大山区^[8], 造成花费巨资建设的基本农田最后陷于被完全边际化的窘境, 粮食安全得不到保障。

目前, 对耕地边际化的研究主要集中在耕地边际化状况、形成原因、造成影响及治理对策等方面^[7, 9-10], 国内外学者^[10-11, 13-14]从自然、社会、经济、制度等方面对耕地边际化进行广泛研究, 并基于农户角度分析农户抛荒的影响因素^[15-16]。山区耕地常因地形起伏、地块零碎、交通不便等限制性因子而被“边际化”^[7], 李秀彬^[5]认为越难以机械化耕作的坡耕地, 被边际化的可能性越高。农业劳动较高的机会成本^[17]、丘陵山区农业生态条件差和国家惠农政策在丘陵山区的相对失灵^[18]是我国丘陵山区农地边际化的主要原因。何威风、阎建忠等^[19]分析认为重庆市两翼地区耕地质量好、坡度小、离家近、灌溉条件好的地块更易转为耕地。

耕地流转(包括使用权的流转和利用方式的流转)是一种被普遍认可的重要而有效的治理耕地边际化的

① 收稿日期: 2016-03-19

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012baj23b05)。

作者简介: 江汶静(1992-), 女, 重庆丰都人, 硕士研究生, 主要从事土地利用规划、土地信息系统等方面研究。

通信作者: 田永中, 副教授。

对策,邵景安、张仕超等^[20-21]以重庆市石柱县为例的研究发现,耕地流转与撂荒之间存在较强的负相关关系,对撂荒具有明显的反向性.根据森林转型有关理论,山区被边际化耕地向林地的转移有助于生态恢复^[5, 22],从而有效解决“粮食—生态”安全矛盾^[10, 23-24].

从已有研究成果看来^[5, 18, 19-21],耕地本身的立地条件是影响耕地保留其本身属性的重要影响因素.本研究以重庆市涪陵区为例,从耕地本身的立地条件出发,深入分析耕地边际化的影响因素,对其进行定量研究,提取耕地边际化总体格局;并从地块本身的立地条件适宜性出发探讨被边际化耕地的转移方向,对结果进行生态价值评估.转移结果可为涪陵区土地利用总体规划和永久基本农田划定提供依据.

1 研究区域和数据来源

1.1 研究区域

三峡工程是大规模改造自然的空前壮举,区内土地类型多样、结构复杂、差异明显,丘陵、山地面积大,水土流失严重,生态环境脆弱,自然灾害时有发生,库区内的耕地资源更是备受关注.涪陵区位于重庆市中部、三峡库区腹地,29°21'N—30°01'N,106°56'E—107°43'E之间,境内地势以低山丘陵为主,属山地系统与岩溶系统叠加的生态脆弱区.全区海拔大于1 000 m的耕地面积2 389.50 hm²,坡度大于25°的耕地面积10 515.18 hm²,起伏度大于50的耕地面积146.00 hm²,灌溉距离大于500 m的耕地面积4 059.92 hm²,距离村庄分布半径大于500 m的耕地面积156.94 hm²,与居民点相对高差大于200 m的耕地2 770.93 hm²,距离道路大于500 m的耕地面积1 253.58 hm².全区劣等耕作条件的耕地较多,边际化可能性较大,适合进行耕地边际化研究.

1.2 数据来源

本研究以涪陵区耕地作为研究对象,相关数据来自涪陵区国土资源局,包括2013年土地利用变更调查数据和5 m分辨率DEM数据;多年平均气温降水数据来自重庆市气象局.

2 研究方法

本研究综合考虑评价指标选取的基本原则以及评价指标的可获取性和差异性.构建了评价指标体系,利用极差标准化方法对指标进行标准化,并利用熵权法确定指标权重,通过基于联系度改进的TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution)法对耕地边际化进行预测,然后采用邻域评估、极限条件和综合指数模型相结合的方法对边际化耕地进行转移预测,最后通过生态系统服务价值评估模型对转移结果进行生态价值评估.

3 研究过程

3.1 评价指标体系的建立

评价指标的选取要求能够综合反映研究区情况,遵循综合性原则、代表性原则、稳定性原则和可操作性原则,同时考虑数据的可获取性和差异性,由于本文研究对象是立地条件对耕地边际化的影响,故不考虑社会经济因素;而自然因素包括光、温、水、热、土,分析研究区内气温、降水、土壤数据,发现其在区内差异不明显,故本文未作考虑;海拔、坡度、起伏度、灌溉半径、耕作半径(水平距离和垂直距离)和交通便利度对耕地边际化具有反向作用.故最终确定的耕地边际化评价指标和耕地转移评价指标见表1、表2.

3.2 指标数据的标准化处理

计算中,由于各评价指标属性值的背景和量纲不一致,难以直接比较,为消除各指标间的差异,需要对评价指标进行标准化处理^[25].本研究采用极差标准化方法进行标准化处理.

3.3 评价指标权重的确定

权重是评价因子对评价对象的影响程度或贡献率^[26],熵权法根据指标的变异程度确定指标的权重^[27],可避免主观因素的干扰,使评价结果更贴合实际.本研究采用熵权系数法确定各项指标权重,通过熵权系

数法得到的各评价因子的权重见表 3。

表 1 耕地边际化评价指标体系

目标层	准则层	指标层	次指标层
耕地边际化评价	地形因素	海拔	
		坡度	
		起伏度	
		坡向	
	区位因素	交通	
		耕作距离	水平距离
			垂直距离
		灌溉距离	

表 2 耕地转移评价指标体系

目标层	准则层	指标层	次指标层
耕地流转评价	地形因素	海拔	
		坡度	
		起伏度	
		坡向	
	区位因素	交通	
		耕作距离	水平距离
		灌溉距离	

表 3 各评价因子权重系数

	海拔	坡度	起伏度	坡向	交通	居民点水平距离	居民点垂直距离	灌溉
耕地	0.04	0.11	0.08	0.02	0.19	0.10	0.28	0.18
园地	0.05	0.18	0.14	0.04	0.24	0.14	—	0.21
林地	0.05	0.13	0.09	0.03	0.27	0.16	—	0.27
草地	0.05	0.14	0.10	0.03	0.23	0.12	—	0.33

3.4 耕地边际化评价方法——基于联系度改进的 TOPSIS 法

TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution)法是一种常用于解决多属性决策问题的方法, 首先被 Hwang 和 Yoon 用来研究多属性决策问题^[28]。其基本思想是: 首先确定指标标准化值与权重构成的规范化矩阵, 然后根据指标性质拟定最优、劣解, 通过比较方案与最优、劣解的欧式距离进行排序。但传统的 TOPSIS 法是按相对欧氏距离对方案进行排序, 距离正理想点近的解可能与负理想点也近^[29]。而基于联系度改进的 TOPSIS 法是一种将最优、劣解视为确定不确定系统中相互对立的集合, 在考察目标方案与最优、劣解的联系度时, 充分考虑了对立集合的存在, 克服了传统 TOPSIS 法的不足, 它能保证距离最优解的联系向量距离近的方案, 距离最劣解的联系向量远, 反之也如此^[30]。

3.5 耕地转移评价

本研究采用邻域评估、极限条件和综合指数模型相结合的方法对边际化耕地进行转移评估, 对受周围地类影响较大的地块类型作为其优先转移方向(本研究设置邻域统计半径为 500 m), 对不受周围地类影响的地块, 采用模糊隶属度函数确定其隶属度^[31-34], 通过综合评价模型得到每一评价单元的综合指数。通过比较综合指数和邻域统计结果确定耕地的最终转移方向。

3.6 生态系统服务价值评价

Xie 等^[36]在 Costanza 等^[35]提出的生态系统服务价值估算的原理和方法基础上, 制定了适合我国国情的生态系统单位面积生态服务价值表, 并得到成功应用^[37-38]。本研究根据公式(1)确定的涪陵区单位面积农田生态系统食物生产这项服务功能的经济价值, 参考“中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表”^[39-40], 根据公式(2)计算得到涪陵区其他生态系统当年生态服务功能单价(表 4), 最后根据公式(3)计算生态系统服务总价值。单位面积农田生态系统食物生产服务功能生态价值 $E(E=1\ 167.23\ \text{元}/\text{hm}^2)$ 为:

$$E = (\sum_{i=1}^n (m_i \times p_i \times q_i) / M) / 7 \quad i = 1, 2, \cdots, n \tag{1}$$

式中: i 为主要粮食作物种类; m_i 为 i 种农作物的面积(hm^2); p_i 为 i 种作物的平均价格(元/t); q_i 为 i 种农作物的单产(t/hm^2); M 为研究区的主要粮食作物总面积(hm^2)。

单位面积生态服务功能价值 VC 为:

$$VC = e_{ij} \times E \tag{2}$$

式中: e_{ij} 表示第 j 种生态系统第 i 种生态功能相对于农田生态系统提供食物生产生态服务功能单价的当量因子。

生态服务价值 *ESV* 的测算:

$$ESV = \sum S \times VC$$

(3)

式中: *ESV* 表示生态系统服务功能价值; *S* 表示面积; *VC* 表示生态系统服务功能单价.

表 4 涪陵区不同土地利用类型单位面积生态服务价值表

元/hm²·a

	耕地	园地	林地	草地
气体调节	583.61	2 509.53	4 085.29	933.78
气候调节	1 038.83	2 101.01	3 151.51	1 050.50
水源涵养	700.34	2 334.45	3 735.12	933.78
土壤形成与保护	1 704.15	3 414.13	4 552.18	2 276.09
废物处理	1 914.25	1 529.07	1 517.39	1 529.06
生物多样性保护	828.73	2 538.725	3 805.15	1 272.28
食物生产	1 167.23	233.45	116.72	350.17
原材料	116.72	1 546.57	3 034.79	58.36
娱乐文化	11.67	770.37	1 494.05	46.69

4 研究结果与分析

4.1 涪陵区耕地边际化预测

本研究利用基于联系度改进的 TOPSIS 法与自然聚类法得到涪陵区耕地边际化情况(图 1). 由图 1 可知, 耕地完全边际化的区域主要分布在大木乡、武陵山乡、马武镇和清溪镇等耕作条件较差的乡镇. 全区预测完全边际化总面积为 21 455.78 hm².

从立地条件看(表 5), 随海拔上升、坡度增加, 边际化程度越高, 海拔大于 1 500 m 高海拔地区, 耕地完全边际化率达 96.82%; 大于 25°的区域, 完全边际化率达到 58.66%; 起伏度介于 50°~100°之间时, 耕地完全边际化率达 82.77%, 大于 100°时, 耕地完全边际化率达 68.36%. 而耕地完全边际化程度与坡向变化未呈现良好相关性. 同样, 耕地完全边际化率随距道路距离、耕作半径(水平距离和垂直距离)和灌溉半径的增加而增加, 在距离道路 500 m 以外的区域, 耕地完全边际化程度达到 74.36%; 水平距离大于 500 m 的区域, 耕地完全边际化率达 98.15%; 相对高差为 200~500 m 时, 耕地完全边际化程度达 91.06%, 相对高差大于 500 m 的区域, 耕地完全边际化程度高达 100%; 在灌溉距离大于 500 m 时, 完全边际化程度达 65.64%.

表 5 不同影响因素下耕地完全边际化程度

影响 因素	分级标准	边际化 程度/%	影响 因素	分级标准	边际化 程度/%	影响 因素	分级标准	边际化 程度/%
海拔 m/	<450	9.39	灌溉距离/m	<50	5.6	居民点垂直距离/m	<50	5.94
	450~750	17.17		50~100	8.27		50~100	24.27
	750~1000	36.72		100~200	14.64		100~200	51.16
	1000~1500	70.99		200~500	30.97		200~500	91.06
	>1500	96.82		>500	65.64		>500	100
起伏度	<10	1.02	居民点水平距离/m	<50	6.62	坡向	337.5~22.5	26.56
	10~20	8.3		50~100	14.58		22.5~67.5	12.01
	20~50	35.26		100~200	35.66		67.5~112.5	13.15
	50~100	82.77		200~500	68.51		112.5~157.5	14.91
	>100	68.36		>500	98.15		157.5~202.5	16.38
坡度/°	<2	0.02	交通距离/m	<50	6.89		202.5~247.5	19.19
	2~6	0.77		50~100	9.26		247.5~292.5	24.58
	6~15	6.15		100~200	14.63		292.5~337.5	26.14
	15~25	24.1		200~500	39.24			
	>25	56.66		>500	74.36			

4.2 涪陵区耕地转移评估

采用邻域评估与综合评价模型相结合的方法, 发现全区预测完全边际化耕地中有 9 519.73 hm² 耕地

适宜转为林地, 47.01 hm² 耕地适宜转为园地, 11 889.04 hm² 耕地适宜转为草地(图 2)。

如表 6 所示, 耕地转移后的生态系统服务总价值为 34.39 千万元, 其中林地 24.27 千万元, 草地 10.05 千万元, 园地 0.08 千万元. 从生态系统服务总价值来看, 转移后的生态系统服务价值比转移前上涨 17.08 千万元, 涨幅近 1 倍. 转移后, 除废物处理功能和食物生产功能分别减少 0.84 千万元和 1.97 千万元外, 其他生态系统功能服务价值均有所增加, 其中涨幅最大的是原材料和娱乐文化, 分别为 1 088.00%和 4 833.33%, 其次是气体调节功能、水源涵养功能和生物多样性保护功能, 而涨幅较小的是气候调节功能和土壤形成与保护功能。

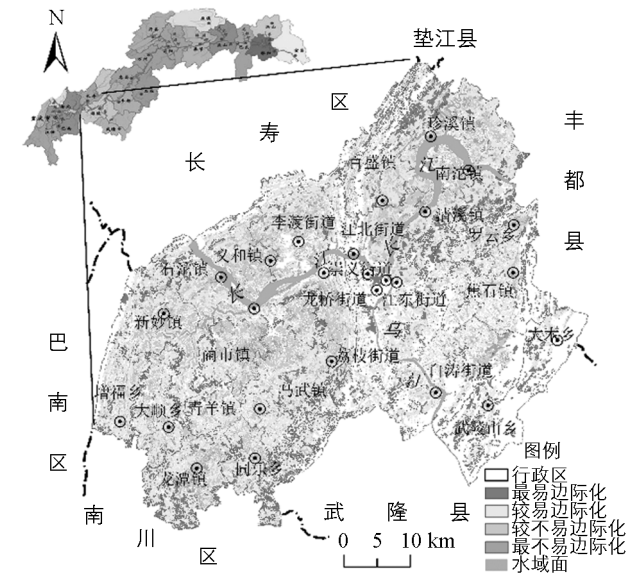


图 1 涪陵区耕地完全边际化预测图

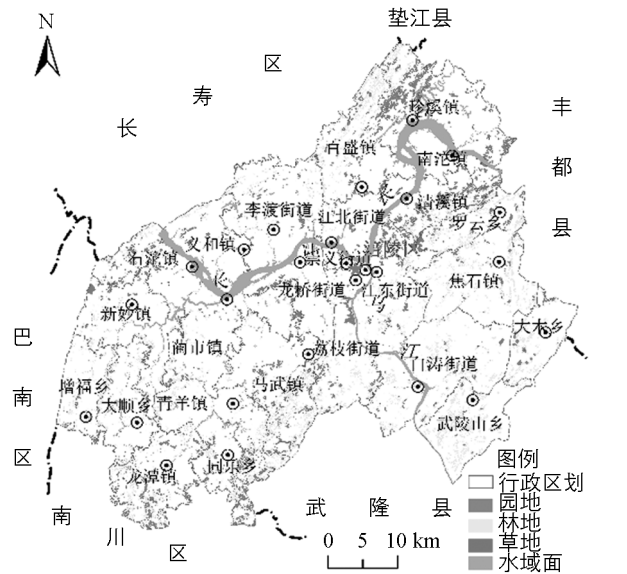


图 2 涪陵区耕地完全边际化转移结果

表 6 涪陵区完全边际化耕地生态系统服务价值

	转移前/ 千万元	转移后/千万元				变化值/ 千万元	变化幅度/ %
		园地	林地	草地	合计		
气体调节	1.25	0.01	3.89	1.11	5.01	3.76	300.80
气候调节	2.23	0.01	3.00	1.25	4.26	2.03	91.03
水源涵养	1.50	0.01	3.56	1.11	4.68	3.18	212.00
土壤形成与保护	3.66	0.02	4.33	2.71	7.06	3.40	92.90
废物处理	4.11	0.01	1.44	1.82	3.27	-0.84	-20.44
生物多样性保护	1.78	0.01	3.62	1.51	5.15	3.37	189.33
食物生产	2.50	0.00	0.11	0.42	0.53	-1.97	-78.80
原材料	0.25	0.01	2.89	0.07	2.97	2.72	1 088.00
娱乐文化	0.03	0.00	1.42	0.06	1.48	1.45	4 833.33
合计	17.31	0.08	24.27	10.05	34.39	17.08	98.67

5 结论与讨论

本研究有效预测了涪陵区耕地边际化和转移方向, 耕地转移后生态系统服务价值明显提高, 转移结果可为涪陵区的下一次土地利用总体规划提供参考意见; 其次, 本研究从耕地立地条件分析了耕地边际化的影响因素, 其中, 海拔、坡度、起伏度、到道路的距离、耕作半径(居民点水平距离和居民点相对高差)等因素是影响耕地边际化的主导因素, 这与邵景安^[20-21]、ZHAO^[41]等研究结果相似; 再次, 本研究从自然适宜性角度分析发现林地是边际化耕地最适宜转移方向, 而 ZHAO^[41]等倡导种植核桃、茶等生态经济作物, 实现产业发展与生态保护; 最后, 耕地边际化影响因素、驱动因素较多, 各地耕地抛荒存在区域差异, Matthias Baumann 等^[7]将西乌克兰地区的耕地抛荒归根于社会主义的解体, 而西欧地区的耕地抛荒源于其社会经济的转变, 本研究从立地条件分析耕地边际化, 各区域如何因地制宜地建立科学合理的、可行的、易用且适用的评价指标体系还需综合考虑各地实际情况。

参考文献:

- [1] BALDOCK D, BEAUFOY G, BROUWER F, et al. Farming at the Margins: Abandonment or Redevelopment of Agricultural Land in Europe [J]. London: IEEP and LEI-DLO, 1996.
- [2] 黄利民, 张安录, 刘成武. 农地边际化进程理论和实证研究 [J]. 生态经济, 2008(8): 28—32.
- [3] 宋小青, 欧阳竹. 耕地多功能内涵及其对耕地保护的启示 [J]. 地理科学进展, 2012, 31(7): 859—868.
- [4] 刘成武, 李秀彬. 农地边际化的表现特征及其诊断标准 [J]. 地理科学进展, 2005, 24(2): 106—113.
- [5] 李秀彬, 赵宇鸾. 森林转型、农地边际化与生态恢复 [J]. 中国人口、资源与环境, 2011, 21(10): 91—95.
- [6] 吴秋余. 空心化农村如何“养活中国” [N]. 人民日报, 2012—03—20(9).
- [7] BAUMANN M, KUEMMERLE T, ELBAKIDZE M, et al. Patterns and Drivers of Post-Socialist Farmland Abandonment in Western Ukraine [J]. Land Use Policy, 2011, 28(3): 552—562.
- [8] 王晓燕. 基于 GIS 的丘陵山地区高标准基本农田建设选址与规划设计研究: 以重庆市南川区为例 [D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [9] PRISHCHEPOV, ALEXANDER V, MUELLER DANIEL, et al. Determinants of Agricultural Land Abandonment in Post-Soviet European Russia [J]. Land Use Policy, 2013, 30(1): 873—884.
- [10] 史铁丑, 李秀彬. 欧洲耕地撂荒研究及对我国的启示 [J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29(5): 101—103.
- [11] ANDREA E, IZQUIERDO H, RICARDO GRAU. Agriculture Adjustment, Land Use Transition and Protected Areas in Northwestern Argentina [J]. Journal of Environmental Management, 2009, 90(2): 858—865.
- [12] ALIX-GARCIA, JENNIFER, KUEMMERLE. Prices, Land Tenure Institutions, And Geography: A Matching Analysis of Farmland Abandonment in Post-Socialist Eastern Europe [J]. Land Economics, 2012, 88(3): 425—433.
- [13] SIKOR T, MÜLLER D, STAHL J. Land Fragmentation and Cropland Abandonment in Albania: Implications for the Roles of State and Community in Post-Socialist Land Consolidation [J]. World Development, 2009, 37(8): 1141—1423.
- [4] 刘润秋, 宋艳艳. 农地抛荒的深层次原因探析 [J]. 农村经济, 2006(1): 31—34.
- [5] 李赞红, 阎建忠, 花晓波, 等. 不同类型农户撂荒及其影响因素研究——以重庆市 12 个典型村为例 [J]. 地理研究, 2014, 33(4): 721—734.
- [6] 杨国永, 许文兴. 耕地抛荒及其治理——文献述评与研究展望 [J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(5): 279—288.
- [7] 郝海光, 李秀彬, 张惠远, 等. 劳动力务农机会成本对农地边际化的驱动作用 [J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(3): 50—56.
- [8] 定光平, 刘成武, 黄利民. 惠农政策下丘陵山区农地边际化的理论分析与实证——以湖北省通城县为例 [J]. 地理研究, 2009, 28(1): 109—117.
- [19] 何威风, 阎建忠, 周 洪. 重庆市山区农户耕地转入特征及其影响因素分析 [J]. 地理科学进展, 2014, 33(11): 1566—1576.
- [20] SHAO JING'AN, ZHANG SHICHAO, LI XIUBIN. Farmland Marginalization in The Mountainous Areas: Characteristics, Influencing Factors and Policy Implications [J]. Geography Science, 2015, 25(6): 701—722.
- [21] 邵景安, 张仕超, 李秀彬. 山区土地流转对缓解耕地撂荒的作用 [J]. 地理学报, 2015, 70(4): 636—649.
- [22] DiAZ G I, NAHUELHUAL L, ECHEVERRÍA C, et al. Drivers of Land Abandonment in Southern Chile and Implications for Landscape Planning [J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 99(3—4): 207—217.
- [23] 杨涛, 王雅鹏. 农村耕地抛荒与土地流转问题的理论探析 [J]. 调研世界, 2003(2): 15—19.
- [24] 张英, 李秀彬, 宋伟, 等. 重庆市武隆县农地流转下农业劳动力对耕地撂荒的不同尺度影响 [J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 552—560.
- [25] 李美娟, 陈国宏, 陈衍泰. 综合评价中指标标准化方法研究 [J]. 中国管理科学, 2004, 12: 45—48.
- [26] 汤国安, 杨昕. ARCGIS 地理信息系统空间分析实验教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [27] 施开放, 刁承泰, 孙秀锋. 基于熵权可拓决策模型的重庆三峡库区水土资源承载力评价 [J]. 环境科学学报, 2013, 33(2): 609—616.
- [28] HWANG C L, YOON K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications [M]. Springer-Verlag, 1981.
- [29] 唐小龙, 田永中, 黄九松, 等. 丘陵山地区永久性基本农田划定研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(5): 143—150.
- [30] 张 目, 周宗放. 一种基于联系度的改进 TOPSIS 法 [J]. 系统工程, 2008, 26(8): 102—107.
- [31] 张甘霖, 吴运金, 赵玉国. 基于 SOTER 的中国耕地后备资源自然质量适宜性评价 [J]. 农业工程学报, 2010, 26(4):

- 1—8.
- [32] ZHANG B, ZHANG Y, CHEN D, et al. A Quantitative Evaluation System of Soil Productivity for Intensive Agriculture in China [J]. *Geoderma*, 2004, 123(3/4): 319—331.
- [33] 刘 京, 常庆瑞, 陈 涛, 等. 黄土高原南缘土石山区耕地地力评价研究 [J]. *中国生态农业学报*, 2010, 18(2): 229—234.
- [34] 付金霞, 常庆瑞, 李粉玲, 等. 黄土高原南缘土石山区耕地地力评价研究 [J]. *地理与地理信息科学*, 2011, 27(4): 57—61.
- [35] COSTANZA R, ARGE R, GROOT R, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital [J]. *Nature*, 1997, 386: 253—260.
- [36] XIE Gao-di, ZHEN Lin, LU Chun-xia, et al. Applying Value Transfer Method for Eco-Service Valuation in China [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2010, 1(1): 51—59.
- [37] 程 琳, 李 锋, 邓华锋. 中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变 [J]. *生态学报*, 2011, 31(20): 6194—6203.
- [38] 王 冰, 田永中, 高志勇, 等. 重庆市土地利用变化对生态系统服务价值的影响 [J]. *测绘科学*, 2010, 35(2): 150—152.
- [39] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估 [J]. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189—196.
- [40] 汪小平, 周宝同, 王小玉, 等. 重庆市土地利用变化及其生态系统服务价值响应 [J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2009, 34(5): 225—229.
- [41] ZHAO Yu-luan, ZHANG Meng, LI Xiu-bin, et al. Farmland Marginalization and Policy Implications in Mountainous Areas: a Case Study of Renhuai City, Guizhou [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2016, 7(1): 61—67.

A GIS-Based Estimate of Farmland Marginalization and Evaluation of Ecosystem Service Value after Transfer

——A Case Study in Fuling District in the Three-Gorges Reservoir Area

JIANG Wen-jing¹, TIAN Yong-zhong¹, TANG Jun-tao¹, LONG Mi²,
WU Jing-jing¹, XU Wen-xuan¹, XIAO Yue¹

1. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100080, China

Abstract: Farmland marginalization in mountainous regions has a serious effect on food security and ecological security. The improved TOPSIS method based on connection degree, neighborhood analysis, limit conditions and comprehensive index model are used in combination to predicate the complete marginalization of farmland and evaluate the transfer direction of the completely marginalized of farmland in the study area, and the ecological service value coefficient of Xie is used to evaluate the ecosystem service value. The results indicated that elevation, slope, relief, irrigation distance, transportation distance and farming distance (horizontal and vertical distance) had a noticeable influence on complete marginalization of farmland and that in the study area, a total of 21 455.78 ha of completely marginalized farmland may be transferred, of which 9 519.73 ha are suitable for forest land, 47.01 ha are suitable for garden land, and 11 889.04 ha suitable for grass land. After land transfer, the total value of the marginalized farmland would increase by 170.90 million yuan (RMB).

Key words: GIS; marginalization of farmland; farmland transfer; ecosystem service function; Three-Gorges Reservoir Area; Fuling District

